

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Limbah padat aluminium merupakan jenis limbah anorganik yang sulit terurai secara alami atau menggunakan proses biologi. Limbah aluminium yang berasal dari limbah rumah tangga seperti panci bekas memiliki kandungan aluminium yang tinggi yaitu 97,93-99,05% Khaerunnisa *et al.* (2014) dan kaleng minuman bekas memiliki 92,5-97,5% aluminium di dalamnya (Sitompul *et al.*, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Ifeanyi *et al.* (2022) melakukan daur ulang limbah aluminium dengan melakukan sintesis aluminium yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan koagulan dengan jenis tawas. Koagulan yang dihasilkan digunakan sebagai bahan kimia dalam proses koagulasi dalam pengolahan limbah air baku. Sedangkan Busyairi *et al.* (2018) memanfaatkan tawas yang diperoleh dari sintesis aluminium pada kaleng minuman bekas sebagai koagulan dalam pengolahan air limbah asam tambang.

Proses *recovery* aluminium dari limbah padat aluminium menjadi tawas menggunakan proses ekstraksi (*leaching*) menggunakan larutan asam dan basa. Larutan yang digunakan dalam proses ekstraksi yaitu KOH dan H₂SO₄. Penggunaan larutan basa KOH bertujuan untuk mempercepat reaksi dan mempengaruhi jumlah kandungan aluminium yang terbentuk. Sedangkan larutan H₂SO₄ bertujuan untuk mereaksikan seluruh senyawa secara sempurna sehingga mempengaruhi jumlah aluminium terendap (Sumanik *et al.*, 2019). Berikut adalah ringkasan penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian ini (Tabel 2.1.).

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	(Sitompul <i>et al.</i> , 2017)	Pembuatan tawas dengan jenis kalium	Ekstraksi 3 g kaleng minuman soda menggunakan larutan	Variasi jenis limbah aluminium sebagai bahan baku, metode

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		aluminium sulfat dari kaleng minuman soda menggunakan variasi larutan KOH 20%, 30%, dan 40% serta larutan H ₂ SO ₄ dengan variasi konsentrasi 6M, 8M, dan 10M.	KOH 40%, H ₂ SO ₄ 8M serta pencucian menggunakan etanol 50% menghasilkan tawas kalium dengan rendemen terbesar yaitu 98,52% dan berat tawas sebesar 44,62 g.	preparasi sampel, jumlah sampel dalam satu kali proses, variasi konsentrasi H ₂ SO ₄ , adanya proses aplikasi produk pada air limbah tempe.
2	(Busyairi <i>et al.</i> , 2018)	Pemanfaatan sampah kaleng minuman ringan berbahan dasar aluminium menjadi koagulan (kalium aluminium sulfat) untuk menjernihkan air asam tambang.	Proses ekstraksi 2 g sampah kaleng minuman ringan (<i>Pocari Sweat</i>) menggunakan pelarut KOH 10% sebanyak 20 ml dengan waktu 50 menit, pereaksi H ₂ SO ₄ 7M sebanyak 12 ml, dan Alkohol 50% sebanyak 20 ml menghasilkan tawas dengan dosis optimum sebanyak 1,5 g yang dapat menurunkan TSS, logam Fe, logam Mn, dan pH pada air limbah asam tambang. Tawas yang dihasilkan	Variasi jenis limbah aluminium sebagai bahan baku, metode preparasi sampel, jumlah sampel dalam satu kali proses, konsentrasi KOH, volume KOH, penambahan pemanasan pada proses pelarutan, konsentrasi larutan H ₂ SO ₄ , volume H ₂ SO ₄ , dan jenis limbah cair yang diolah.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			memiliki karakteristik berupa bentuk fisik, bau, dan pH serta kualitas yang tidak jauh berbeda dengan tawas komersial.	
3	(Rosyidah & Purwanti, 2018)	Pemanfaatan limbah padat aluminium berupa kaleng bekas, bekas packing aluminium di laboratorium dan limbah aluminium lainnya sebagai bahan koagulan menggunakan metode hidrolisis parsial untuk menurunkan kekeruhan pada limbah cair laboratorium.	Proses ekstraksi limbah aluminium menggunakan larutan KOH 20% sebanyak 50 ml/g sampel pada suhu 65°C kemudian mereaksikan filtrat yang dihasilkan dengan larutan H ₂ SO ₄ 6M sebanyak 30 mL diperoleh kadar aluminium sebesar 24,07% dan rendemen hasil 97,95% sehingga dalam 0,5 gram produk koagulan mampu menurunkan kekeruhan sebesar 70%.	Variasi jenis limbah aluminium sebagai bahan baku, tujuan penelitian, metode preparasi sampel, variasi konsentrasi larutan KOH, konsentrasi larutan H ₂ SO ₄ , jenis limbah cair yang diolah.
4	(Sumanik <i>et al.</i> , 2019)	Mengkonversi logam aluminium pada kaleng bekas	Ekstraksi 1 gram kaleng bekas menggunakan larutan KOH 20% sebanyak 50 mL	Jenis limbah aluminium sebagai bahan baku, variasi konsentrasi larutan

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		minuman (Bear Brand, Yeos, Larutan Penyegar Cap Kaki 3, dan Milo) menjadi tawas sebagai koagulan untuk menjernihkan air.	kemudian filtrat direaksikan dengan H ₂ SO ₄ 6M sebanyak 30 mL menghasilkan tawas atau kalium aluminium sulfat sebesar 0,2456 g dari kaleng bear brand, 5,5925 g dari kaleng yeos, 8,6903 g dari kaleng bekas larutan cap kaki tiga, dan 12,3208 gram dari kaleng bekas milo.	KOH, konsentrasi larutan H ₂ SO ₄ , metode preparasi sampel, jenis air yang diolah.
5	(Elnasr <i>et al.</i> , 2021)	Daur ulang kaleng sampah menjadi Kalium Aluminium Sulfat sebagai bahan yang berperan dalam proses sedimentasi air sungai.	Proses ekstraksi 1 gram kaleng sampah menggunakan 50 mL larutan KOH 4M serta 10 mL H ₂ SO ₄ 10 M, kemudian hasilnya direbus untuk menghasilkan kristal tawas menghasilkan tawas yang disebut sebagai tawas kalium. Hasil sintesis diujikan pada air Sungai Nil dapat menghasilkan endapan dengan jeda 3 detik lebih	Konsentrasi KOH, Konesntrasi dan volume H ₂ SO ₄ , proses kristalisasi dan pengeringan, serta jenis air sebagai media aplikasi.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			cepat dibandingkan tawas komersial.	
6	(Ifeanyi <i>et al.</i> , 2022)	Daur ulang limbah aluminium rumah tangga berupa sendok dan wadah makanan aluminium dengan melakukan ekstraksi menjadi koagulan dalam pengolahan air baku.	Kalium aluminium sulfat yang berasal dari limbah domestik memiliki efisiensi penurunan kekeruhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tawas konvensional sehingga dapat memberikan dampak positif baik secara ekonomi maupun dalam pengolahan air di Nigeria.	Jenis limbah aluminium sebagai bahan baku, konsentrasi larutan KOH, konsentrasi larutan H ₂ SO ₄ , jenis air yang diuji.
7	(Mulyatun <i>et al.</i> , 2022)	Daur ulang kaleng bekas minuman dengan merk “Pocari Sweat” dengan variasi katalis KOH dan NaOH untuk menghasilkan kristal alum kalium sebagai	Ekstraksi 5 g kaleng minuman bekas menggunakan variasi katalis KOH dan NaOH 25 g, 50 g, dan 75 g serta menggunakan 20 ml H ₂ SO ₄ 9M. Proses Ekstraksi menggunakan katalis KOH 30 g menghasilkan tawas dengan berat 3,741 g dan	Variasi jenis limbah padat aluminium yang digunakan, proses preparasi sampel, jumlah sampel dalam satu kali proses, variasi konsentrasi KOH sebagai katalis, konsentrasi H ₂ SO ₄ , volume H ₂ SO ₄ ,

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		koagulan dalam penjernihan air baku.	rendemen sebesar 74,82% sedangkan penggunaan NaOH sebagai katalis menghasilkan tawas sebanyak 2,918 g dengan rendemen sebesar 58,36%.	serta jenis air untuk pengaplikasian produk.

Unsur kebaruan dari penelitian ini yaitu penggunaan panci bekas, kombinasi antara kaleng minuman bekas dan panci bekas sebagai bahan pembuatan koagulan, penambahan proses pencucian sampel menggunakan air panas dan aquades secara berulang pada proses preparasi sampel yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang menempel pada limbah padat aluminium. Perbedaan lainnya yaitu pada proses ekstraksi menggunakan larutan H_2SO_4 , sampel terlebih dahulu ditambahkan aquades yang bertujuan untuk menjaga agar aluminium sulfat yang dihasilkan tetap dalam kondisi terlarut. Selain itu, penggunaan produk pada air limbah industri juga merupakan unsur kebaruan dalam hal aplikasi produk Kalium Aluminium Sulfat yang dihasilkan.

2.2. Teori-Teori yang Relevan

2.2.1. Limbah Padat Aluminium

Limbah aluminium merupakan jenis limbah non organik yang sangat sulit terdegradasi. Limbah padat aluminium dengan jumlah yang besar dapat menyebabkan permasalahan lingkungan karena jenis limbah tersebut membutuhkan waktu 400 tahun untuk dapat terurai (Gultom & Hestina, 2019). Salah satu jenis limbah padat aluminium yang banyak dihasilkan yaitu kemasan makanan dan minuman. Kaleng kemasan minuman mengandung 92,5-97,5% aluminium (Sitompul *et al.*, 2017). Kandungan aluminium yang cukup besar

memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali. Komposisi aluminium pada 3 jenis kaleng minuman yaitu kaleng minuman berkarbonisasi memiliki kandungan aluminium sebesar 95,7441%, kaleng minuman isotonik sebesar 95,114%, dan kaleng minuman penyegar sebesar 95,1866% (Oediyani *et al.*, 2017). Selain itu beberapa merk minuman telah disintesis dan menghasilkan tawas yaitu 1 gram kaleng minuman sampel berupa Bear Brand menghasilkan 0,2456 g tawas, kaleng Yeos menghasilkan 5,5925 g tawas, kaleng Larutan Cap Kaki Tiga menghasilkan 8,6903 g tawas, dan kaleng Milo menghasilkan 12,3208 g tawas (Sumanik *et al.*, 2019). Berikut ini (Tabel 2.2.) merupakan data kandungan unsur yang terdapat dalam beberapa jenis kaleng minuman:

Tabel 2.2. Kandungan Unsur pada Beberapa Jenis Kaleng Minuman

Parameter	Satuan	Jenis Kaleng			
		Pocari Sweat	Cap Kaki Tiga	Greensands	Coca-Cola
Aluminium	%	96,38	89,74	90,87	93,28
Magnesium	%	1,14	3,28	2,25	1,17
Mangan	%	0,75	1,93	1,21	1,04
Besi	%	0,51	1,79	1,52	1,72
Silikon	%	0,19	0,88	1,33	0,68
Tembaga	%	0,19	2,36	1,92	1,26

Sumber: (Mulyatun *et al.*, 2022; Saputra, 2012)

Limbah padat aluminium yang berasal dari kegiatan rumah tangga berupa panci bekas. Jenis limbah padat aluminium berupa panci bekas memiliki kandungan aluminium yang cukup tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Khaerunnisa *et al.* (2014) melakukan pengujian komponen material penyusun panci dengan 3 merk yang berbeda. Hasil pengujian tersebut terdapat pada Tabel 2.3., Tabel 2.4., dan Tabel 2.5. berikut.

Tabel 2.3. Komponen Material Penyusun Panci Aluminium (*Merk Eagle*)

No	Material Penyusun Panci	Presentase (%)
1	Al	99,05
2	Fe	0,868
3	Ag	0,0393
4	Ga	0,0251
5	Nb	0,0054

Tabel 2.4. Komponen Material Penyusun Panci Aluminium (*Merk Djawa*)

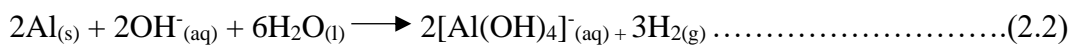
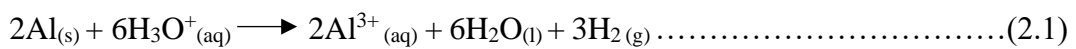
No	Material Penyusun Panci	Presentase (%)
1	Al	99,26
2	Fe	1,50
3	Mn	0,118
4	Ni	0,0318
5	Ga	0,0301
6	V	0,030
7	Ag	0,0190
8	Nb	0,0059

Tabel 2.5. Komponen Material Penyusun Panci Aluminium (*Merk Orchid*)

No	Material Penyusun Panci	Presentase (%)
1	Al	97,93
2	Fe	1,89
3	Mn	0,049
4	Ga	0,0322
5	Hf	0,031
6	Ni	0,0248
7	Ag	0,0229
8	Nb	0,0052

2.2.2. Aluminium

Aluminium berasal dari kata *alumen* yang berarti garam pahit karena merujuk pada senyawa garam rangkap alum. Logam aluminium memiliki karakteristik berwarna putih, mengkilat, ringan dengan densitas $2,37 \text{ g/cm}^3$, titik leleh sekitar 660°C . Aluminium memiliki sifat tidak beracun, tahan terhadap korosi dan relatif murah. Logam Al bersifat amfoter, ketika bereaksi dengan asam kuat akan menghasilkan gas hidrogen sedangkan dengan basa kuat akan membentuk aluminat. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut (Farida, 2018):



2.2.3. Kalium Aluminium Sulfat

Aluminium sulfat berasal dari kata alum dan dalam bahasa latin disebut sebagai alumen dengan rumus molekul $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan diproduksi dengan formula $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Lestari & Rabiah, 2011). Tawas atau aluminium sulfat merupakan jenis koagulan yang paling banyak digunakan dan pada umumnya diperoleh dari proses reaksi antara bauksit dengan asam sulfat. Koagulan jenis ini membutuhkan penyesuaian pH, sensitif terhadap suhu, membutuhkan dosis yang tinggi, serta menghasilkan lumpur pada akhir prosesnya (Tzoupanos & Zouboulis, 2008). Adapun persyaratan mutu Kalium Aluminium Sulfat dalam SNI 06-2102-1991 adalah sebagai berikut (Tabel 2.6.).

Tabel 2.6. Syarat Mutu Kalium Aluminium Sulfat

No	Parameter	Satuan	Persyaratan Mutu
1.	Bagian yang tidak larut dalam air	% (b/b)	Maks. 0,5
2.	Aluminium Oksida, Alumina, Al_2O_3	% (b/b)	Min. 8
3.	Besi, Fe	% (b/b)	Maks. 0,01
4.	Timbal, Pb	mg/kg	Maks. 50
5.	Arsen, As	mg/kg	Maks. 50

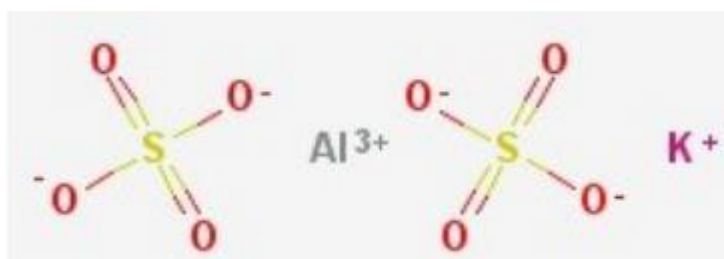
Sumber: (SNI 06-2102-1991)

Tabel 2.7. MSDS Kalium Aluminium Sulfat

Formula molekul	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$
Bentuk fisik	Kristal
Warna	Putih
Bau	Tidak berbau
pH	3-3,5 (pada 10% larutan)
Melting point	92°C
Kelarutan dalam air	140 gram/l (20°C)
Viscosity	Not available
Boiling point	
Flash point	Not available
Augnition temperature	

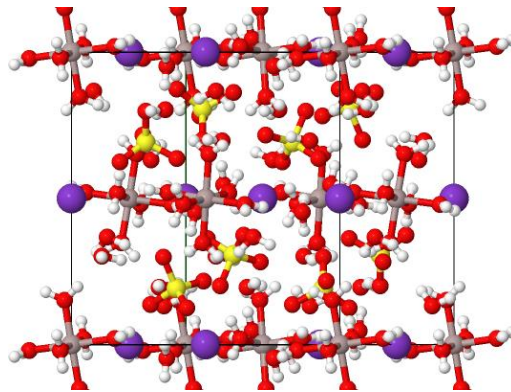
Sumber: (MSDS Kalium Aluminium Sulfat, 2005)

Ada beberapa jenis tawas yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. seperti tawas natrium, tawas kalium, tawas amonium, tawas kromium, dan tawas besi (II) (Witaryanto & Idzati, 2017). Salah satu jenis tawas berupa tawas kalium atau Kalium aluminium sulfat dodekahidrat dengan rumus kimia $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ bermanfaat dalam pemurnian air, pengolahan air limbah, bahan pemadam api. Tawas jenis ini terbuat dari reaksi antara logam dan kalium hidroksida (KOH). Gambar 2.1. dan Gambar 2.2. berturut-turut menunjukkan gambar struktur molekul dan struktur kristal kalium aluminium sulfat.



Gambar 2.1. Struktur Molekul Kalium Aluminium Sulfat

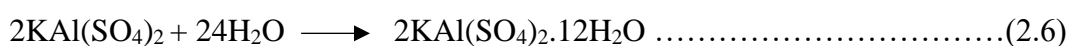
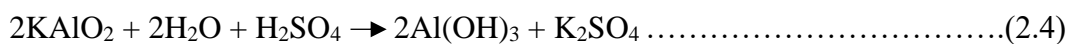
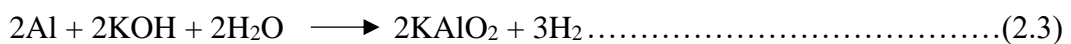
(Witaryanto & Idzati, 2017)



Gambar 2.2. Struktur Kristal Kalium Aluminium Sulfat

(Otterbein, 2022)

Tawas memiliki efektivitas dalam pengolahan air dan air limbah karena memiliki kemampuan sebagai koagulan, flokulan, endapan, dan pemutus emulsi. Koagulan tawas dapat menurunkan kekeruhan, padatan tersuspensi, dan warna koloid pada air dan air limbah. Adapun proses pembentukan kalium aluminium sulfat adalah sebagai berikut (Witaryanto & Idzati, 2017):



2.2.4. Sintesis

Sintesis adalah suatu kemampuan menggunakan serta mengendalikan reaksi kimia yang bertujuan untuk menemukan senyawa baru yang mempunyai kegunaan dalam menguji kebenaran suatu teori maupun menciptakan produk yang belum diketahui sebelumnya (Pine, 1988). Kata sintesis (*synthesis*) awal mula digunakan oleh seorang ahli kimia bernama Adolph Wilhelm Hermann Kolbe. Menurut ilmu kimia, sintesis kimia didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang bertujuan untuk mendapatkan produk kimia dengan melibatkan satu atau lebih reaksi kimia berdasarkan peristiwa fisik dan kimia. Sintesis kimia dimulai dengan memilih

senyawa kimia yang disebut dengan reagen atau reaktan. Proses sintesis disertai dengan pengadukan di dalam suatu wadah reaksi seperti reaktor maupun labu reaksi dengan menggunakan prosedur tertentu yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang diinginkan (Vogel *et al.*, 1996).

2.2.5. Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu zat yang didasarkan pada kelarutan yang berbeda terhadap dua cairan yang tidak saling larut (Purnavita & Wulandari, 2020). Secara umum, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ekstraksi menurut Oktaviana *et al.* (2022) sebagai berikut:

1) Jenis Pelarut

Pemilihan jenis pelarut yang sesuai harus mempertimbangkan kriteria yaitu harga terjangkau dan mudah diperoleh, secara fisik dan kimia bersifat stabil, bereaksi netral, memiliki sifat mudah dipisahkan, mudah menguap, dan tidak mudah terbakar. Pemilihan pelarut akan mempengaruhi hasil ekstraksi. Ketidaksesuaian jenis pelarut akan menyebabkan sedikitnya hasil ekstraksi atau bahkan tidak diperoleh hasil sama sekali.

2) Suhu Ekstraksi

Ekstraksi akan semakin cepat terjadi pada suhu atau temperatur yang tinggi.

3) Ukuran Partikel

Ukuran partikel yang diperkecil dapat mempercepat laju perpindahan zat dari pelarut ke dalam bahan yang diekstraksi karena permukaan benda akan semakin luas. Ukuran partikel yang kecil dapat mempercepat waktu reaksi karena semakin luas permukaan benda maka akan semakin banyak pelarut yang dapat diekstrak.

4) Waktu Ekstraksi

Waktu ekstraksi berpengaruh terhadap ekstrak yang dihasilkan. Semakin lama waktu ekstraksi senyawa, maka akan semakin banyak ekstrak yang dihasilkan.

2.2.6. Ekstraksi Padat-Cair

Ekstraksi padat-cair atau disebut sebagai *leaching* merupakan proses mengekstrak zat terlarut atau suatu mineral berbentuk padat dengan melarutkannya dalam cairan pelarut melalui proses industri maupun di alam (Wardhani *et al.*, 2020). *Leaching* adalah proses dimana suatu padatan akan mengalami peluruhan *solute* atau bagian yang mudah terlarut dengan menggunakan suatu pelarut pada proses alir dan suhu tertentu. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan bagian yang lebih berharga dan mudah terlarut dari suatu padatan (Mirwan *et al.*, 2017).

2.2.7. KOH

Kalium hidroksida atau KOH adalah basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium. KOH berbentuk kristal putih yang higroskopis. Hubungan antara rendemen tawas dengan konsentrasi KOH yaitu semakin lama semakin naik, yang artinya semakin tinggi konsentrasi KOH maka akan menghasilkan tawas dengan konsentrasi yang tinggi (Kirana *et al.*, 2022).

2.2.8. H₂SO₄

Asam sulfat atau H₂SO₄ merupakan cairan dengan sifat korosif, tidak berwarna, tidak berbau, reaktivitas yang tinggi, serta memiliki kemampuan untuk melarutkan logam. Asam sulfat dapat larut dalam air pada segala perbandingan (Andayani & Putri, 2018). Asam sulfat memiliki kemampuan bereaksi membentuk logam sulfat encer yang akan menghasilkan gas hidrogen. Oleh karena kemampuannya dalam mengikat logam dalam suatu material seperti besi, aluminium, nikel, tembaga, dan logam lain, maka asam sulfat sering digunakan dalam proses ekstraksi (*leaching*) (A'yuni, 2022).

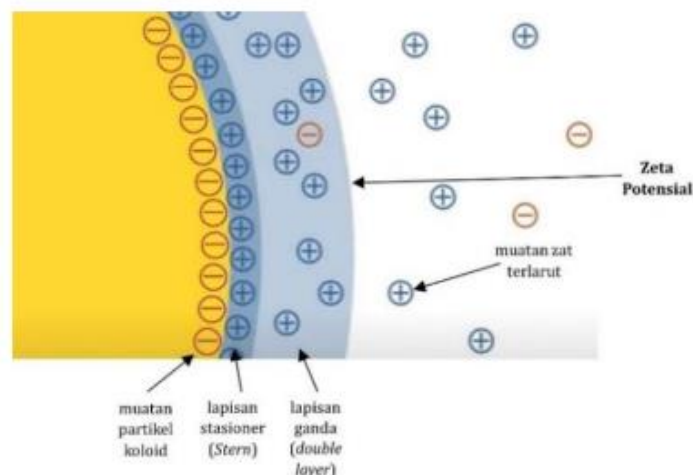
2.2.9. Koagulan

Koagulan merupakan bahan kimia yang ditambahkan ke dalam koloid untuk membentuk mikroflok dengan cara mendestabilisasi partikel. Jenis koagulan yang sering digunakan yaitu berasal dari logam besi dan aluminium. Contoh koagulan dari besi yaitu *ferric sulfate*, *ferrous sulfate*, *ferric chloride*, *ferric chloride sulfate*,

dan *polyferric sulfate*. Contoh koagulan dari aluminium meliputi *aluminium sulfate*, *aluminium chloride*, *aluminium chlorohydrate*, *polyaluminium chloride*, *polyaluminoum sulfate chloride*, dan *polyaluminium silicate chloride* (Rouf & Bagastyo, 2020).

2.2.10. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses adsorpsi partikel-partikel koloid menggunakan koagulan sehingga menyebabkan destabilisasi partikel. Koagulasi bertujuan untuk membentuk flok di dalam air yang dikoagulasi sehingga mempercepat terbentuknya endapan (Mayasari & Hastarina, 2018). Koagulasi disebut juga sebagai proses penyerapan bahan organik terlarut dengan cara pengubahan partikel koloid menjadi lebih besar sehingga pengotor dapat dipisahkan (Nur *et al.*, 2020). Pada proses koagulasi, koagulan terhidrolisis akan mengalami kontak dengan pengotor sehingga membentuk partikel tidak stabil akan bertumbukan. Tumbukan tersebut membentuk flok yang lebih besar dan dapat dihilangkan dengan cara sedimentasi, flotasi atau filtrasi cepat (Suhermen & Komala, 2022).



Gambar 2.3. Interaksi Koloid dan Muatan dalam Pembentukan Flok

Fenomena yang terjadi pada proses koagulasi dan flokulasi menurut teori stabilisasi dan destabilisasi koloid menyebutkan bahwa jika partikel koloid berada dalam air maka akan terjadi dispersi yang stabil dalam waktu lama yang disebabkan

oleh gaya tolak-menolak antar partikel. Hal tersebut disebabkan oleh muatan listrik yang ada di dalam partikel koloid maupun efek dari adsorpsi yang terjadi di permukaan. Partikel koloid akan bermuatan negatif jika berada di dalam air kemudian partikel bermuatan positif akan berperan dalam menetralkan permukaan negatif. Namun, dikarenakan partikel memiliki ukuran yang besar sehingga tidak dapat dinetralkan seluruhnya dan terdapat sisa muatan yang akan menarik lebih banyak ion dari air. Akibatnya muatan negatif memiliki daya tarik yang semakin melemah dengan jarak lapisan yang kurang tertata dan tidak stabil. Lapisan ini disebut sebagai lapisan ganda (*double layer*). Sisi terakhir ion stasioner dan ion difusi akan membentuk garis batas muatan yang memiliki potensial berbeda sebagai gaya tolak menolak zeta potensial. Nilai zeta potensial akan mengalami penurunan yang mengakibatkan gaya tolak-menolak antar partikel semakin melemah sehingga partikel akan saling mendekat. Fenomena tersebut disebut sebagai destabilisasi koloid (Handoko *et al.*, 2023).

2.2.11. Limbah Cair Industri Tempe

Limbah cair merupakan sisa dari suatu kegiatan atau usaha yang menghasilkan limbah dalam wujud cair dan apabila dibuang langsung ke lingkungan dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tempe mengandung zat organik dan *nutrient* yang tinggi sehingga apabila dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah cair tempe berasal dari proses fermentasi yang meliputi proses berikut (Amanda, 2019):

- a. Kedelai direbus kemudian dilakukan perendaman selama 1 malam sampai kedelai bertekstur lunak dan berlendir. Kemudian cuci hingga bersih.
- b. Kedelai yang telah direndam masuk ke tahap pencacahan untuk membelah kedelai menjadi dua dan memisahkan kulitnya.
- c. Kedelai dicuci hingga bersih kemudian ditaburi ragi yang telah dilarutkan dan didiamkan selama kurang lebih 10 menit.

- d. Kedelai ditiriskan hingga hampir kering, kemudian dibungkus menggunakan daun pisang. Kedelai membutuhkan waktu selama 2 hari untuk proses fermentasi agar diperoleh tempe.

Kualitas limbah cair tempe telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2008 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai. Berikut merupakan parameter limbah cair bagi industri tempe.

Tabel 2.8. Parameter Limbah Cair Industri Tempe Berdasarkan PerMenLHK Nomor 15 Tahun 2008

Parameter	Kadar	Satuan
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
pH	6-9	-
Kuantitas air limbah maksimum	10	m ³ /ton

2.2.12. Jar Test

Jar test merupakan suatu metode untuk mengetahui kondisi optimum proses penjernihan air dan air limbah menggunakan koagulan. Metode *jar test* dapat menunjukkan proses koagulasi dan flokulasi yang bertujuan untuk menurunkan padatan tersuspensi (*suspended solid*) dan zat organik lain yang menyebabkan kekeruhan, bau, rasa, serta permasalahan lain pada air dan air limbah. Di dalam alat *jar test* terdapat beberapa besaran yang diukur meliputi pH air limbah, TSS dan kekeruhannya, serta menentukan dosis koagulan pada volume limbah tertentu sehingga dapat diketahui kebutuhan koagulan dalam suatu pengolahan air limbah (Husaini *et al.*, 2018). *Jar Test* dapat digunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan dengan beberapa kondisi proses yang harus diatur seragam meliputi sampel air, temperatur, pH, konfigurasi rotor (dan stater), konfigurasi tabung intensitas pencampuran, periode pencampuran, dan periode sedimentasi (PUPR, 2022).